



## Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft das Verfahren zur Stabilisierung eines Fahrzeugs, insbesondere zur Stabilisierung von Schlingerbewegungen, die durch einen Fahrzeughänger hervorgerufen werden.

[0002] Ein aus einem Zugfahrzeug und einem Anhänger bestehendes Fahrzeuggespann wird bei Überschreitung einer systembedingten kritischen Fahrzeuggeschwindigkeit instabil. Dabei hängt die kritische Fahrzeuggeschwindigkeit von verschiedenen Parametern des Fahrzeuggespanns ab, wie Fahrzeuggassen, Massenträgheitsmomente, Radabstände, Schwerpunktllagen und dergleichen.

[0003] Solange die Geschwindigkeit des Fahrzeuggespanns unterhalb der kritischen Fahrzeuggeschwindigkeit bleibt, wird eine durch eine äußere Krafteinwirkung hervorgerufene Fahrzeugschwingbewegung, insbesondere eine Pendelbewegung des Anhängers gegenüber dem Zugfahrzeug, gedämpft.

[0004] Überschreitet jedoch das Fahrzeuggespann die kritische Geschwindigkeit, die herkömmlicherweise in einem Geschwindigkeitsbereich von 100 bis 140 km/h liegt, beginnt das Fahrzeuggespann selbst bei geringen einwirkenden Störungskräften zu schwingen, d. h. die Schlingerbewegung verstärkt sich. Je größer die Differenz zwischen der Fahrzeuggeschwindigkeit und der kritischen Fahrgeschwindigkeit ist, desto höher ist die Zunahme der Schlingerbewegung.

[0005] Die Anhängerschlingerbewegung besteht darin, dass das Zugfahrzeug und der daran befestigte Anhänger gegeneinander pendeln.

[0006] Fig. 1 zeigt schematisch ein Zugfahrzeug F und ein daran über eine Kupplung angeschlossenen Anhänger A, die sich mit einer Fahrzeuggeschwindigkeit  $V_f$  oberhalb der kritischen Fahrzeuggeschwindigkeit  $V_{krit}$  bewegen. Durch die Schlingerbewegung entsteht eine sinusähnliche Schwingung des Knickwinkels  $\alpha_k$  zwischen dem Zugfahrzeug F und dem Anhänger A. Wird das Fahrzeug mit der über der kritischen Fahrzeuggeschwindigkeit  $V_{krit}$  liegenden Fahrzeuggeschwindigkeit  $V_f$  bewegt, kommt es zu einem Unfall, falls keine stabilisierenden Maßnahmen ergriffen werden.

[0007] Es werden daher verschiedene Verfahren zur Vermeidung von Schlingerbewegungen vorgeschlagen.

[0008] Die DE 195 36 620 A1 beschreibt ein Verfahren zur Verbesserung der Querstabilität bei Kraftfahrzeugen, bei dem fahrzeugverzögernde Maßnahmen ergriffen werden, wenn die Amplitude der querdynamischen, innerhalb eines vorgegebenen Frequenzbandes schwingenden Fahrzeuggröße einen vorgegebenen Grenzwert überschreitet. Bei diesem Verfahren werden bei Erkennung einer fahrdynamischen Schwingung Bremsverzögerungen eingeleitet. Dabei wird die Fahrzeuggeschwindigkeit  $V_f$  des Fahrzeuggespanns solange reduziert bis die kritische Geschwindigkeit  $V_{krit}$  unterschritten wird und dann die Schwingung von selbst abklingt. Die Fahrzeuggeschwindigkeit  $V_f$  wird durch den Bremsvorgang solange reduziert bis Fahrgeschwindigkeit  $V_f$  unterhalb der kritischen Geschwindigkeit  $V_{krit}$  liegt.

[0009] Das in der DE 195 36 620 A1 beschriebene Verfahren weiß verschiedene Nachteile auf. Die Einleitung verzögernde Bremseingriffe zur Absenkung der Fahrzeuggeschwindigkeit  $V_f$  birgt eine erhebliche Unfallgefahr in sich. Tritt die Schlingerbewegung beispielsweise während eines Überholvorganges bei dem überholenden Fahrzeuggespann auf, wird zur Vermeidung der Schlingerbewegung die Geschwindigkeit des überholenden Fahrzeuggespanns  $V_f$  abgesenkt bis die kritische Fahrzeuggeschwindigkeit  $V_{krit}$  unterschritten wird. Hierdurch wird der Überholvorgang des

llich gemacht, so dass es zu einem Unfall mit einem entgegenkommenden Fahrzeug kommen kann.

[0010] Ein weiterer Nachteil, des in der DE 195 36 620 A1 beschriebenen Verfahrens besteht darin, dass die Erkennung des Schlingerzustandes allein auf der Überwachung von gemessenen Fahrzeuggrößen, wie der Querbeschleunigung und der Gierrate, d. h. der Drehbewegung des Fahrzeugs zu der Längsachse des Fahrzeugs, beruht. Diese Fahrzeuggrößen können aber Schwingungen aufweisen ohne dass ein Schlingern des Anhängers vorliegt. Schwingungen der gemessenen Fahrzeuggrößen, wie Querbeschleunigung und der Fahrzeuggierrate können beispielsweise durch eine leichte Lenkbewegung des Fahrers oder bei einer Fahrt durch Spurrinnen entstehen. Ein weiteres Beispiel ist die Beschleunigung des Fahrzeugs unter wechselnden Reibwertbedingungen. Es kann daher der Fall auftreten, dass eine Schlingerbewegung irrtümlich erkannt und das Fahrzeug verzögert wird, ohne dass überhaupt ein Anhänger vorhanden ist oder dass eine durch den Anhänger hervorgerufene Schlingerbewegung erfolgt.

[0011] Ein weiterer Nachteil des in der DE 195 36 620 A1 beschriebenen Verfahrens besteht darin, dass fahrzeugverzögernde Maßnahmen nur dann eingeleitet werden, wenn eine Lenkbewegungsgröße eine vorgegebene Lenkschwelle nicht überschreitet. Um Bremseingriffe aufgrund von Lenkbewegungen durch den Fahrer zu unterbinden, muss die Lenkschwelle dabei so niedrig ausgelegt werden, dass eine geringe Lenkbewegung des Fahrers im Falle eines auftretenden Anhängerschlingens zu einer Unterdrückung der verzögernden Bremseingriffe führt und so keine Stabilisierung der Anhängerschlingerbewegung durchgeführt wird.

[0012] Aus der DE 41 27 750 C1 ist eine Vorrichtung zur Erhöhung der Pendelstabilität von Fahrzeuggespannen bekannt. Das Zugfahrzeug besitzt eine selbsttätige Zusatzlenkung bzw. eine Überlagerungslenkung, die auf dem Knickwinkel zwischen dem Zugfahrzeug und einem gezogenem Fahrzeug reagiert und automatischen Gegensteuermanöver durchführt, wenn das gezogene Fahrzeug bzw. der Anhänger unerwünschte Pendelbewegungen ausführt. Die in der DE 41 27 750 C1 beschriebene Vorrichtung hat den Nachteil, dass eine Überlagerungslenkung sehr teuer ist und somit Fahrzeuge in der Regel nicht mit einer Überlagerungslenkung ausgestattet sind. Daher ist das in der DE 41 27 750 C1 beschriebene Verfahren zur Stabilisierung eines Fahrzeugs für die große Mehrheit der Zugfahrzeuge nicht einsetzbar.

[0013] Die DE 198 43 826 A1 beschreibt ein zu der DE 41 27 750 C1 ähnliches Verfahren zur Stabilisierung eines Anhängergespanns. Dabei wird zur Unterdrückung des Schlingerbewegungen des Anhängers eine Ist-Gierbewegung des Zugfahrzeug bestimmt mit einer Soll-Gierbewegung verglichen. Tritt eine Differenz zwischen der Soll-Gierbewegung und der Ist-Gierbewegung auf, wird der Lenkwinkel der Räder einer lenkbaren Fahrzeugachse des Zugfahrzeugs zum Abbau der Differenz verändert. Bei Überschreitung der Schwelle wird das Fahrzeuggespann durch Steuerung der Überlagerungslenkung stabilisiert. Eine derartige Überlagerungslenkung ist allerdings sehr aufwendig und nur wenige Zugfahrzeuge sind mit einer derartigen Überlagerungslenkung ausgestattet.

[0014] Es ist daher die Aufgabe der vorliegenden Erfindung ein Verfahren zur Stabilisierung eines Fahrzeugs zu schaffen, bei dem ein Schlingerzustand sicher erkannt wird und bei dem das Fahrzeug ohne eine Überlagerungslenkung und ohne Verzögerung stabilisiert wird.

[0015] Diese Aufgabe wird erfüllungsgemäß durch ein Verfahren zur Stabilisierung eines Fahrzeugs mit den im Pa-

[0016] Die Erfindung schafft ein Verfahren zur Stabilisierung eines Fahrzeugs mit den folgenden Schritten, nämlich Erkennen einer kritischen periodischen Fahrzeugschwingbewegung des Fahrzeugs, wobei die Fahrzeugschwingbewegung einer innerhalb eines vorgegebenen kritischen Frequenzbereichs liegende Schwingfrequenz und einer oberhalb eines oberen Amplitudenschwellenwertes liegende Schwingamplitude aufweist,

Dämpfen der erkannten kritischen periodischen Fahrzeugschwingbewegung durch ein sich periodisch veränderndes Giermoment, das durch wechselseitigen Bremseneingriff auf das Fahrzeug aufgebracht wird, wobei das der Fahrzeugschwingbewegung entgegenwirkende Giermoment mit einer Phasenverzögerung zu der periodischen Fahrzeugschwingbewegung aufgebracht wird und eine Frequenz aufweist, die der Schwingfrequenz der periodischen Fahrzeugschwingbewegung entspricht.

[0017] Das erfindungsgemäße Verfahren zur Stabilisierung eines Fahrzeugs hat den Vorteil, dass keine zusätzliche Überlagerungslenkung notwendig ist.

[0018] Ein weiterer Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahren zur Stabilisierung eines Fahrzeugs besteht darin, dass die Fahrgeschwindigkeit bei dem Stabilisierungsvorgang nicht vermindert wird und somit die Unfallgefahr insbesondere bei Überholvorgängen vermindert wird.

[0019] Ein weiterer Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahren zur Stabilisierung eines Fahrzeugs besteht darin, dass bei einer erkannten Schlingerbewegung dass Fahrzeug unabhängig davon, ob ein Anhänger vorhanden ist ohne Verzögerung stabilisiert wird.

[0020] Das Erkennen der kritischen Fahrzeugschwingbewegung umfasst vorzugsweise folgende Schritte, nämlich Erfassen fahrdynamischer Fahrzeugbewegungsgrößen, Vergleichen der Amplitude von mindestens einer Fahrzeugsbewegungsgröße mit einem einstellbaren oberen Amplitudenschwellenwert und

Erkennen einer kritischen periodischen Fahrzeugschwingbewegung, wenn die Amplitude mindestens einer Fahrzeugsbewegungsgröße einem oberen Amplitudenschwellenwert überschreitet.

[0021] Dabei werden die fahrdynamischen Fahrzeugbewegungsgrößen vorzugsweise sensorisch erfasst.

[0022] Bei einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird zusätzlich der von dem Fahrer eingeschlagene Fahrzeuglenkwinkel erfasst.

[0023] Vorzugsweise werden fahrdynamische Soll-Fahrzeugbewegungsgrößen in Abhängigkeit von dem erfassten Fahrzeuglenkwinkel berechnet.

[0024] Dabei werden vorzugsweise zusätzlich Fahrzeugsbewegungsabweichungen zwischen den erfassten Fahrzeugsbewegungsgrößen und den berechneten Soll-Fahrzeugsbewegungsgrößen berechnet.

[0025] Bei einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens werden durch Fouriertransformationen die Amplituden der Fahrzeugsbewegungsabweichungen in dem kritischen Frequenzbereich berechnet.

[0026] Vorzugsweise wird eine kritische periodische Fahrzeugschwingbewegung erkannt, wenn die Amplitude der Fahrzeugsbewegungsabweichung in dem kritischen Frequenzbereich einen oberen Amplitudenschwellenwert überschreitet.

[0027] Bei der fahrdynamischen Fahrzeugsbewegungsgröße handelt es sich vorzugsweise um die Gierrate des Fahrzeugs.

[0028] Bei einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens werden zusätzlich weitere fahrdynamische Fahrzeugsbewegungsgrößen erfasst, insbeson-

4 kende Anhängerkupplungskraft, ein Knickwinkel zwischen dem Fahrzeug und einem durch das Fahrzeug gezogenen Anhänger, auf die Räder des Fahrzeugs wirkende Seitenkräfte sowie eine Querbeschleunigung des Fahrzeugs, die Quergeschwindigkeit des Fahrzeugs sowie der Schwimmwinkel des Fahrzeugs.

[0029] Bei einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens erfolgt die Dämpfung der kritischen periodischen Fahrzeugschwingbewegung durch den wechselseitigen Bremseneingriff auf das Fahrzeug erst, wenn eine erfasste Anzahl der Fahrzeugschwingungen der periodischen Fahrzeugschwingbewegung, deren Amplitude den oberen Amplitudenschwellenwert überschreitet, eine einstellbare Mindestanzahl überschreitet.

[0030] Bei einer besonders bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Stabilisierung zur Stabilisierung eines Fahrzeugs erfolgt das Aufbringen des der Fahrzeugschwingbewegung entgegenwirkenden Giermoments im wesentlichen synchron zu der Gierbeschleunigung des Fahrzeugs.

[0031] Der wechselseitige Bremseneingriff zum Dämpfen der erkannten kritischen Fahrzeugschwingbewegung erfolgt an den Vorderrädern des Fahrzeugs, an den Hinterrädern des Fahrzeugs oder sowohl an den Vorder- und Hinterrädern des Fahrzeugs.

[0032] Bei einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird der wechselseitige Bremseneingriff zusätzlich an einem durch das Fahrzeug gezogenen Anhänger vorgenommen.

[0033] Dabei wird der wechselseitige Bremseneingriff an dem Anhänger vorzugsweise mit einer anderen Phasenverzögerung zu der periodischen Fahrzeugschwingung vorgenommen als der wechselseitige Bremseneingriff auf das ziehende Fahrzeug.

[0034] Bei einer besonders bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird die durch den wechselseitigen Bremseneingriff bewirkte Fahrgeschwindigkeitverzögerung durch Erhöhung des Motormoments, das von einem Fahrzeugmotor aufgebracht wird, kompensiert.

[0035] Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren wird die Amplitude des aufgebrachten Giermoments proportional zu der abnehmenden Amplitude der gedämpften Fahrzeugschwingbewegung abgesenkt.

[0036] Die erkannte kritische periodische Fahrzeugschwingbewegung wird vorzugsweise zur wechselseitigen Bremseneingriff gedämpft bis die Schwingamplitude einen unteren Amplitudenschwellenwert unterschreitet.

[0037] Bei der kritischen periodischen Fahrzeugschwingbewegung handelt es sich vorzugsweise um eine durch einen Anhänger hervorgerufene Anhängerschlingerbewegung.

[0038] Im weiteren werden bevorzugter Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Verfahrens unter Bezugnahme auf die beigefügten Figuren zur Erläuterung erfindungswesentlicher Merkmale beschrieben.

[0039] Es zeigen:

[0040] Fig. 1 einer aus einem Zugfahrzeug F und einem Anhänger A bestehendes Fahrzeuggespann zur Erläuterung der der Erfindung zugrunde liegenden Problematik;

[0041] Fig. 2 ein schematisches Blockschaltbild eines Steuersystems zur Durchführung des erfindungsgemäßen Stabilisierungsverfahrens;

[0042] Fig. 3 ein Ablaufdiagramm einer besonders bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Stabilisierungsverfahrens;

[0043] Fig. 4 ein Zeitablaufdiagramm zur Darstellung des

[0044] Fig. 5 ein Diagramm zur Erläuterung der optimalen Phasenverzögerung für das erfundungsgemäße Stabilisierungsverfahren;

[0045] Fig. 6 einen Ablaufdiagramm einer normalen Fahrzeugbewegung in einen unkritischen Geschwindigkeitsbereich;

[0046] Fig. 7 ein Zeitablaufdiagramm einer ungedämpften Fahrzeugschwingbewegung ohne Einsatz des erfundungsgemäßen Stabilisierungsverfahrens;

[0047] Fig. 8 ein Zeitablaufdiagramm bei dem eine auftretende Fahrzeugschwingbewegung durch das erfundungsgemäße Stabilisierungsverfahren stabilisiert wird und der Bremseingriff synchron mit der Giergeschwindigkeit erfolgt;

[0048] Fig. 9 ein Zeitablaufdiagramm bei dem eine auftretende Fahrzeugschwingbewegung mit dem erfundungsgemäßen Stabilisierungsverfahren gedämpft wird und der Bremsenengriff synchron mit der Gierbeschleunigung erfolgt.

[0049] In Fig. 2 ist ein Steuersystem zur Durchführung des erfundungsgemäßen Verfahrens schematisch dargestellt.

[0050] Das Steuersystem 1 enthält eine ESP-Steuerung 2, die eingangsseitig über Sensorleitungen 3, 4, 5, an verschiedene Sensoren zur Messung von Fahrzeugbewegungsgrößen angeschlossen ist. Bei dem in Fig. 2 gezeigten Beispiel ist der an der Leitung 3 angeschlossene Sensor 6 ein Gierratensor zur Messung der Gierrate des Fahrzeugs, der an der Leitung 4 angeschlossene Sensor 7 ein Querbeschleunigungssensor zur Messung der Querbeschleunigung des Fahrzeugs und der an der Leitung 5 angeschlossene Sensor 8 ein Lenkwinkelsensor zur Messung des durch den Fahrer eingeschlagenen Fahrzeuglenkwinkels  $\delta$ .

[0051] Des weiteren erhält die ESP-Steuerung 2 von vier Raddrehzahlsensoren 9, 10, 11, 12 Informationen über die Drehzahlen der verschiedenen Fahrzeugräder. Die Drehzahlsensoren 9–12 sind über Leitungen 13 bis 16 ebenfalls

an die ESP-Steuerung 2 angeschlossen. Die ESP-Steuerung 2 steuert über Steuerleitungen 17, die in einer Bremsenhydraulik 18 des Fahrzeugs enthaltenen Ventile und Pumpen an. Die Bremshydraulik 18 ist über Hydraulikleitungen 19 bis 22 mit den Bremsen 23 bis 26 des Fahrzeugs verbunden.

[0052] Die Bremshydraulik 18 ist vorzugsweise zusätzlich über Hydraulikleitungen 27, 28 mit Bremsen 29, 30 eines Anhängers verbunden.

[0053] Fig. 3 zeigt ein Ablaufdiagramm einer bevorzugten Ausführungsform des erfundungsgemäßen Stabilisierungsverfahrens für ein Fahrzeug.

[0054] In einem Schritt S1 werden Fahrzeugsbewegungsgrößen gemessen bzw. sensorisch erfasst. Bei den erfassten fahrdynamischen Fahrzeugsbewegungsgrößen handelt es sich um eine Gierrate  $\psi^0$  des Fahrzeugs, die durch den Sensor 6 erfasst wird, die Fahrzeugquerbeschleunigung  $a$ , die durch Sensor 7 erfasst wird, sowie den Lenkwinkel  $\delta$ , der mittels des Sensors 8 erfasst wird. Vorzugsweise werden weitere fahrdynamische Fahrzeugsbewegungsgrößen zusätzlich erfasst. Diese fahrdynamischen Fahrzeugsbewegungsgrößen bzw. Fahrzeugkräfte umfassen eine auf eine Anhängerkupplung des Fahrzeugs wirkende Anhängerkupplungskraft, einen Knickwinkel zwischen dem Fahrzeug und einem an das Fahrzeug angeschlossenen Anhänger und Seitenkräfte, die auf die Räder des Fahrzeugs wirken, die Quergeschwindigkeit des Fahrzeugs sowie der Schwimmwinkel des Fahrzeugs. Des Weiteren werden im Schritt S1 die Geschwindigkeit der Fahrzeugräder über die Raddrehzahlsensoren 9 bis 12 ermittelt.

[0055] In einem Schritt S2 wird die Abweichung zwischen der Gierrate  $\psi^0$  und einer Sollgierrate  $\psi^0_{\text{soll}}$  berechnet.

[0056] Hierzu wird aus den gemessenen Raddrehzahlen

Geschwindigkeit des Fahrzeugs  $V_F$  berechnet.

[0057] In Abhängigkeit von dem eingeschlagenen Lenkwinkel  $\delta$  und der berechneten Fahrzeuggeschwindigkeit  $V_F$  wird eine Sollgierrate  $\psi^0_{\text{soll}}$  entsprechend folgender Gleichung ermittelt:

$$\psi^0_{\text{soll}} = \delta \cdot V_F / L \cdot (1 + V_F^2 / V_{ch}^2) \quad (1)$$

wobei  $\delta$  der eingeschlagene Lenkwinkel,

$V_F$  die berechnete Fahrzeuggeschwindigkeit,

$L$  der Fahrzeugradabstand und

$V_{ch}$  eine konstante charakteristische Geschwindigkeit des Fahrzeugs ist.

[0058] Die berechnete Sollgierrate  $\psi^0_{\text{soll}}$  wird gefiltert, um den Phasenversatz zwischen Lenkbewegung und Gierverhalten des Fahrzeugs zu berücksichtigen.

[0059] Anschließend wird aus der Gierrate und der berechneten Sollgierrate die Gierratenabweichung berechnet:

$$\Delta\psi^0 = \psi^0 - \psi^0_{\text{soll}} \quad (2)$$

[0060] Die Gierratenabweichung wird vorzugsweise anschließend hochpass gefiltert. Aus der berechneten Gierratenabweichung wird durch Integration eine Gierwinkelabweichung des Fahrzeugs berechnet.

$$\Delta\psi = \int \Delta\psi^0 dt \quad (3)$$

[0061] Die berechnete Gierwinkelabweichung ist gegenphasig, d. h. um  $180^\circ$  phasenversetzt zu der Gierbeschleunigung  $\psi^{00}$  des Fahrzeugs, durch den im Schritt S2 vorgenommenen Berechnungsvorgang wird die fehlerhafte Erkennung eines Schlingerzustands aufgrund sinusförmiger durch den Fahrer vorgenommene Lenkbewegungen weitgehend ausgeschlossen.

[0062] Das in Gleichung (3) berechnete Gierwinkel signal wird hochpass gefiltert und in einem Schritt S3 einer Fouriertransformation unterzogen. Durch Fouriertransformation wird die Amplitude der Gierwinkelabweichung in einem kritischen Frequenzbereich berechnet. Der kritische Frequenzbereich für Fahrzeugschwingbewegungen, die aufgrund von Anhängerschlingern hervorgerufen wird, liegt in einem Frequenzbereich von etwa 0,5 bis 1,1 Hz.

[0063] In einem Schritt S4 wird geprüft ob bereits ein Bremseingriff aktiv ist. Dies geschieht vorzugsweise dadurch, dass geprüft wird, ob ein entsprechendes Flag gesetzt ist.

[0064] Falls im Schritt S4 erkannt wird, dass noch kein Bremseingriff zur Dämpfung der erkannten kritischen periodischen Fahrzeugschwingbewegung erfolgt, wird im Schritt S5 geprüft ob die Amplitude der Gierwinkelabweichung in dem kritischen Frequenzbereich einen oberen Amplitudenschwellenwert überschreitet oder nicht.

[0065] Falls der Amplitudenschwellenwert überschritten wird, d. h. die Gierwinkelabweichung von dem Soll-Gierwinkel zu groß ist, wird in einem Schritt S6 der Bremseingriff durch Setzen eines entsprechenden Flag aktiviert.

[0066] Falls im Schritt S4 erkannt wird, dass bereits ein Eingriff aktiv ist, d. h. das entsprechende Flag bereits gesetzt ist, wird im Schritt 7 geprüft ob die Amplitude der Gierratenabweichung in dem kritischen Frequenzbereich einen unteren Schwellenwert unterschreitet oder nicht.

[0067] Falls die Amplitude den unteren Schwellenwert unterschreitet, wird der Bremseingriff durch Zurücksetzen des entsprechenden Flags im Schritt S8 deaktiviert.

[0068] In einer weiteren Abfrage wird im Schritt S9 geprüft ob der Bremseingriff aktiv bzw. das entsprechende

[0069] Falls dies der Fall ist, wird im Schritt S10 der eigentliche Bremseingriff vorgenommen. Dabei steuert die ESP-Steuerung 2 über die Steuerleitung 17 die Bremshydraulik 18 derart an, dass durch wechselseitigen Bremseneingriff durch die Bremsen 23 bis 26 auf das Fahrzeug ein sich periodisch verändertes Giermoment aufgebracht wird. Das aufgebrachte periodisch sich veränderte Giermoment wirkt der erfassten Fahrzeugschwingbewegung entgegen. Das sich periodisch verändernde Giermoment wird dabei mit einer Phasenverzögerung zu der erfassten Fahrzeugschwingbewegung aufgebracht, wobei es eine Frequenz besitzt, die der Schwingfrequenz der erfassten periodischen Fahrzeugschwingbewegung entspricht. Die Dämpfung der erfassten kritischen periodischen Fahrzeugschwingbewegung durch den im Schritt S10 durchgeführten wechselseitigen Bremseneingriff erfolgt vorzugsweise erst nachdem eine bestimmte Anzahl von Fahrzeugschwingungen der erfassten Fahrzeugschwingbewegung den oberen Amplitudenwert überschritten hat. Das der Fahrzeugschwingbewegung entgegenwirkende Giermoment erfolgt vorzugsweise im wesentlichen synchron zu der Gierbeschleunigung  $\psi^0$  des Fahrzeugs. Die Amplitude des im Schritt S10 aufgebrachten Giermoments wird proportional zu der abnehmenden Amplitude der gedämpften Fahrzeugschwingbewegung gesenkt.

[0070] Die periodische Fahrzeugschwingbewegung wird durch den im Schritt S10 erfolgenden Bremseingriff gedämpft bis im Schritt S7 erkannt wird, dass die Schwingamplitude den unteren Amplitudenschwellenwert unterschreitet. In diesem Falle wird im Schritt S8 der Bremseingriff deaktiviert, d. h. das Flag zurückgesetzt. Anschließend wird im Schritt S9 erkannt, dass das Bremsflag zurückgesetzt ist und der Ablauf kehrt zu Schritt zurück. Die Schritte S1, S2, S3, S4, S5 werden zyklisch durchlaufen bis im Schritt S5 erkannt wird, dass die Amplitude der Fahrzeugschwingungsabweichung in dem kritischen Frequenzbereich den oberen Schwellenwert überschreitet.

[0071] Der im Schritt S10 vorgenommene Bremseneingriff zum Dämpfen der erkannten kritischen Fahrzeugschwingbewegung erfolgt entweder nur an den Vorderrädern des Fahrzeugs, nur an den Hinterrädern des Fahrzeugs oder sowohl an den Vorder- und Hinterrädern des Fahrzeugs. Zusätzlich kann der wechselseitige Bremseneingriff auch an den Bremsen des Anhängers durchgeführt werden. Ein derartiger wechselseitiger Bremseneingriff an den Bremsen des Anhängers erfolgt mit einer anderen Phasenverzögerung zu der periodischen Fahrzeugschwingung als der an den Bremsen des Zugfahrzeugs vorgenommene Bremseneingriff.

[0072] Im Schritt S10 wird vorzugsweise die durch den wechselseitigen Bremseneingriff hervorgerufene Verzögerung der Fahrzeuggeschwindigkeit durch Erhöhung des von dem Fahrzeugmotor abgegebenen Fahrzeugmoments kompensiert. Hierdurch wird erreicht, dass die Fahrzeuggeschwindigkeit durch den Stabilisierungsvorgang unbeeinflusst bleibt und so die Gefahr eines Unfalls insbesondere bei Überholmanövern beseitigt wird.

[0073] Fig. 4 zeigt ein Zeitablaufdiagramm zur Darstellung eines durch erfundungsgemäße Verfahren hervorgerufenen Stabilisierungsvorgangs.

[0074] Zum Zeitpunkt  $T_0$  steigt die Amplitude der periodischen Fahrzeugschwingbewegung  $F$ , d. h. die Amplitude der Gierratenabweichung  $D\psi^0$ , an. Zum Zeitpunkt  $T_1$  wird der obere Amplitudenschwellenwert überschritten und der Stabilisierungsvorgang setzt ein. Die Stabilisierung erfolgt durch Dämpfung der kritischen periodischen Fahrzeugschwingbewegung durch Aufbringen eines sich periodisch

schiedenen Bremsen. Das aufgebrachte Giermoment wirkt der Fahrzeugschwingbewegung entgegen. Dabei weist das aufgebrachte Giermoment eine bestimmte Phasenverzögerung zu der ermittelten periodischen Fahrzeugschwingung bzw. der gemessenen Gierrate auf. Wie man aus Fig. 4 erlernen kann, nimmt die Amplitude der Fahrzeugschwingbewegung, d. h. der Gierrate bis zum Zeitpunkt  $T_2$  ab. Die Amplitude des aufgebrachten Giermoments  $G$  wird proportional zu der abnehmenden Amplitude der gedämpften Fahrzeugschwingbewegung abgesenkt. Zum Zeitpunkt  $T_2$  unterschreitet die Amplitude der Fahrzeugschwingbewegung bzw. der Gierrate einen unteren Schwellenwert und es wird kein weiteres entgegenwirkendes Giermoment aufgebracht. Der Stabilisierungsvorgang erstreckt sich von dem Zeit-

10punkt  $T_1$ , bei dem der obere Schwellenwert durch die Amplitude der Fahrzeugschwingbewegung in den kritischen Frequenzbereich überschritten wird, bis zu dem Zeitpunkt  $T_2$  bei dem die Amplitude der Fahrzeugschwingbewegung in dem kritischen Frequenzbereich den unteren Amplitudenschwellenwert unterschreitet. Der kritische Frequenzbereich ist einstellbar und wird zur Erkennung von Anhängerschlingen zwischen 0,5 und 1,1 Hz eingestellt. Der obere und untere Amplitudenschwellenwert sind ebenfalls einstellbar. Das der Fahrzeugschwingbewegung entgegenwirkende

15 Giermoment ist, wie man in Fig. 4 erkennen kann, ebenfalls ein im wesentlichen sinusförmiges Signal, wobei die Frequenz des Giermoments der Schwingfrequenz der erfassten periodischen Fahrzeugschwingbewegung entspricht.

[0075] Die einem Fahrzeug Schlingerzustand gemessene Gierrate ist im wesentlichen eine periodische Sinusschwingung:

$$\Delta\psi^0 = \Delta A(t) \sin(2\pi f_s \cdot t) \quad (4)$$

20 35 wobei  $f_s$  die Schwingfrequenz der Fahrzeugschwingbewegung darstellt und  $A(t)$  die zeitabhängige Amplitude ist.

[0076] Das aufgebrachte entgegenwirkende Giermoment weist ebenfalls im wesentlichen einen sinusförmigen Verlauf auf und ist zu der ermittelten Fahrzeugschwingbewegung

25 phasenverzögert:

$$G = G(t) \cdot \sin(2\pi f_G t - \phi) \quad (5)$$

[0077] Wobei  $\phi$  die eingestellte Phasenverzögerung und

45  $f_G$  die Frequenz des eingeleiteten Giermoments ist.

[0078] Dabei gilt

$$f_G = f_s \quad (6)$$

50 [0079] Die Amplitude des aufgebrachten Giermoments ist proportional zu der abnehmenden Amplitude der gedämpften Fahrzeugschwingbewegung

$$G(t) = C \cdot \Delta A(t). \quad (7)$$

55 [0080] Fig. 5 zeigt ein Diagramm, dass den Wirkungsgrad des durch das erfundungsgemäße Verfahren vorgenommenen Bremseingriffs zur Stabilisierung des Fahrzeugs in Abhängigkeit von der Phasenverzögerung  $\phi$  des aufgebrachten Giermoments darstellt. Ein positiver Wirkungsgrad  $\eta$  stellt eine stabilisierende Wirkung dar.

[0081] Wie man aus Fig. 5 erkennen kann, ist der Wirkungsgrad  $\eta$  des stabilisierenden Bremseingriff optimal, wenn das aufgebrachte der Fahrzeugschwingbewegung entgegenwirkende Giermoment  $G$  im wesentlichen synchron zur der Gierbeschleunigung  $\psi^0$  des Fahrzeugs erfolgt.

[0082] Erfolgt der Eingriff im wesentlichen synchron zu

im wesentlichen geringer als bei der optimalen Phasenlage  $\varphi_{opt}$ . Durch Signallaufzeitverzögerungen besteht in diesem Falle sogar die Gefahr, dass sich die Phasenverzögerung des aufgebrachten Giermoments zu der optimalen Phasenlage 5 sich weiter erhöht und der Wirkungsgrad  $\eta$  negativ wird, d. h. der Bremseingriff destabilisierend wirkt. Diese Gefahr besteht insbesondere bei herkömmlichen Steuerungen. Erfolgt das Aufbringen des entgegenwirkenden Giermoments in etwa synchron mit dem Gierwinkel  $\psi$  ist der Wirkungsgrad des Bremseingriff stark negativ und wirkt destabilisierend. 10

[0083] Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren zur Stabilisierung eines Fahrzeugs wird daher das der Fahrzeugschwingbewegung entgegenwirkende periodisch sich verändernde Giermoment im wesentlichen synchron zu der berechneten Gierbeschleunigung  $\psi^0$  des Fahrzeugs aufgebracht, so dass ein Wirkungsgrad  $\eta$  von annähernd eins erreicht wird. 15

[0084] Die Fig. 6 bis 9 zeigen verschiedene auftretende Fallkonstellationen. 20

[0085] Bei dem in Fig. 6 dargestellten Fall bewegt sich das Fahrzeug unterhalb der kritischen Fahrzeuggeschwindigkeit  $V_{krit}$ , bei der sich das Fahrzeug ohne einen Bremseingriff selbst stabilisiert. 25

[0086] Bei dem in Fig. 7 dargestellten Fall bewegt sich 25 das Fahrzeug oberhalb einer kritischen Geschwindigkeit  $V_{krit}$  und es erfolgt kein Bremseingriff zur Stabilisierung des Fahrzeugs. In diesem Falle erhöht sich die Fahrzeugschwingbewegung, d. h. die Giergeschwindigkeit  $\psi^0$  und die Gierbeschleunigung  $\psi^{00}$  ungedämpft bis das Fahrzeug 30 außer Kontrolle gerät.

[0087] Fig. 8 zeigt eine Fallkonstellation bei der sich das Fahrzeug oberhalb einer kritischen Fahrzeuggeschwindigkeit  $V_{krit}$  befindet und eine auftretende Fahrzeugschwingbewegung durch das erfindungsgemäße Verfahren stabilisiert 35 wird. Bei dem in Fig. 8 dargestellten Fall erfolgt der Bremseingriff E im wesentlichen synchron zu der Gierrate  $\psi^0$  bzw. Giergeschwindigkeit. Wie man aus Fig. 8 erkennen kann, wird eine Dämpfung der Giergeschwindigkeit und der Gierbeschleunigung erreicht, jedoch ist der Wirkungsgrad  $\eta$  des Bremseingriffs nicht optimal, so dass die Dämpfung relativ 40 geringfügig ist.

[0088] Fig. 9 zeigt eine Fallkonstellation bei der durch das Fahrzeug oberhalb einer kritischen Geschwindigkeit  $V_{krit}$  befindet und eine auftretende Fahrzeugschwingbewegung 45 mit dem erfindungsgemäßen Verfahren stabilisiert wird. Bei dem in Fig. 9 dargestellten Fall wird der Bremseingriff E im wesentlichen synchron mit der Gierbeschleunigung  $\psi^{00}$  durchgeführt, d. h. mit einer optimalen Phasenlage  $\varphi_{opt}$ . Wie man aus Fig. 9 erkennen kann, wird durch den Bremseingriff E eine schnelle Dämpfung der Giergeschwindigkeit  $\psi^0$  und der Gierbeschleunigung  $\psi^{00}$  erreicht, d. h. die Fahrzeugschwingbewegung wird innerhalb kurzer Zeit stabilisiert. Der Wirkungsgrad  $\eta$  bestätigt nahezu eins. 50

[0089] Das erfindungsgemäße Verfahren ermöglicht ohne 55 Vorsehen einer Zusatzlenkung eine rasche Stabilisierung von Fahrzeugschlingerbewegungen. Dabei werden auch Lenkbewegungen, die durch den Fahrer durchgeführt werden, berücksichtigt. Durch das erfindungsgemäße Stabilisierungsverfahren kann die Fahrgeschwindigkeit des Fahrzeugs bei behalten werden, so dass eine Bremsverzögerung des Fahrzeugs, insbesondere bei Überholtvorgängen, nicht auftritt. Für den Fall, dass das Fahrzeug ohne Anhänger schlingert 60 wirkt der Eingriff stabilisierend und das Fahrverhalten wird nicht verschlechtert. Das erfindungsgemäße Verfahren ist in einfacher Weise durch vorhandene ESP-Regler durchführbar. Der Bremseingriff findet vorzugsweise nur dann statt, 65

1. Verfahren zur Stabilisierung eines Fahrzeugs mit folgenden Schritten:

(a) Erkennen einer kritischen periodischen Fahrzeugschwingbewegung des Fahrzeugs, wobei die Fahrzeugschwingbewegung eine innerhalb eines vorgegebenen kritischen Frequenzbereichs liegende Schwingfrequenz ( $f_s$ ) und eine oberhalb eines oberen Amplitudenschwellenwertes liegende Schwingamplitude aufweist;

(b) Dämpfen der erkannten kritischen periodischen Fahrzeugschwingbewegung durch ein sich periodisch verändernder Giermoment (G), das durch wechselseitigen Bremseneingriff auf das Fahrzeug aufgebracht wird, wobei das der Fahrzeugschwingbewegung entgegenwirkende Giermoment (G) mit einer Phasenverzögerung ( $\phi$ ) zu der periodischen Fahrzeugschwingbewegung aufgebracht wird und eine Frequenz ( $f_G$ ) aufweist, die der Schwingfrequenz ( $f_s$ ) der periodischen Fahrzeugschwingbewegung entspricht.

2. Verfahren nach Anspruch 1 dadurch gekennzeichnet, dass das Erkennen der kritischen Fahrzeugschwingbewegung die folgenden Schritte umfasst: Erfassen fahrdynamischer Fahrzeuggbewegungsgrößen, Vergleichen der Amplitude von mindestens einer Fahrzeuggbewegungsgröße mit einem einstellbaren oberen Amplitudenschwellenwert und Erkennen einer kritischen periodischen Fahrzeugschwingbewegung, wenn die Amplitude von mindestens einer Fahrzeuggbewegungsgröße den oberen Amplitudenschwellenwert überschreitet.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2 dadurch gekennzeichnet, dass die fahrdynamischen Fahrzeuggbewegungsgrößen sensorisch erfasst oder aus sensorisch erfassten fahrdynamischen Fahrzeuggbewegungsgrößen berechnet werden.

4. Verfahren zur Stabilisierung eines Fahrzeugs dadurch gekennzeichnet, dass der durch den Fahrer eingeschlagene Lenkwinkel  $\delta$  erfasst wird.

5. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche dadurch gekennzeichnet, dass fahrdynamische Soll-Fahrzeuggbewegungsgrößen in Abhängigkeit von dem erfassten Lenkwinkel berechnet werden.

6. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche dadurch gekennzeichnet, dass Fahrzeuggbewegungsabweichungen zwischen den erfassten Fahrzeuggbewegungsgrößen und den berechneten Soll-Fahrzeuggbewegungsgrößen berechnet werden.

7. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche dadurch gekennzeichnet, dass durch Fouriertransformationen die Amplitude der Fahrzeuggbewegungsabweichungen in dem kritischen Frequenzbereich berechnet werden.

8. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche dadurch gekennzeichnet, dass eine kritische periodische Fahrzeugschwingungsbewegung erkannt wird, wenn die Amplitude der Fahrzeuggabweichung in den kritischen Frequenzbereich den oberen Amplitudenschwellenwert überschreitet.

9. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, bei dem eine der fahrdynamischen Fahrzeuggbewegungsgrößen die Gierrate des Fahrzeugs ist.

10. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche dadurch gekennzeichnet, dass die weiteren fahrdynamischen Fahrzeuggbewegungsgrößen

kende Anhängerkupplungskraft, einen Knickwinkel zwischen dem Fahrzeugs und einem durch das Fahrzeug gezogenen Anhänger, auf die Räder des Fahrzeugs wirkende Seitenkräfte, sowie

eine Querbeschleunigung des Fahrzeugs, eine Quergeschwindigkeit des Fahrzeugs sowie den Schwimmwinkel des Fahrzeugs umfassen.

11. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche dadurch gekennzeichnet, dass die Dämpfung der kritischen periodischen Fahrzeugschwingbewegung durch einen wechselseitigen Bremseneingriff auf das Fahrzeug erfolgt, wenn eine erfasste Anzahl der Fahrzeugschwingungen der periodischen Fahrzeugschwingbewegung, deren Amplitude den oberen Amplitudenschwellenwert überschreitet, höher ist als eine einstellbare Mindestanzahl.

12. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche dadurch gekennzeichnet, dass das der Fahrzeugschwingbewegung entgegenwirkende Giermoment im wesentlichen synchron zu der Gierbeschleunigung des Fahrzeugs aufgebracht wird.

13. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche dadurch gekennzeichnet, dass der wechselseitige Bremseneingriff zum Dämpfen der erkannten kritischen Fahrzeugschwingbewegung

an den Vorderrädern des Fahrzeugs, an der Hinterrädern des Fahrzeugs oder sowohl an den Vorderrädern und den Hinterrädern des Fahrzeugs erfolgt.

14. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche dadurch gekennzeichnet, dass der wechselseitige Bremseneingriff zusätzlich an einem durch das Fahrzeug gezogenen Anhänger vorgenommen wird.

15. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche dadurch gekennzeichnet, dass der wechselseitige Bremseneingriff an dem Anhänger mit einer anderen Phasenverzögerung zu der periodischen Fahrzeugschwingbewegung vorgenommen wird als der wechselseitige Bremseneingriff auf das Fahrzeug.

16. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche dadurch gekennzeichnet, dass die durch den wechselseitigen Bremseneingriff bewirkte Fahrgeschwindigkeitsverzögerung durch Erhöhung des von einem Fahrzeugmotor abgegebenen Motormoments kompensiert wird.

17. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche dadurch gekennzeichnet, dass die Amplitude des aufgebrachten Giermoments proportional zu der abnehmenden Amplitude der gedämpften Fahrzeugschwingbewegung gesenkt wird.

18. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche dadurch gekennzeichnet, dass die erkannte kritische Fahrzeugschwingbewegung durch wechselseitigen Bremseneingriff gedämpft wird bis die Schwingamplitude einen unteren Amplitudenschwellenwert unterschreitet.

19. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche dadurch gekennzeichnet, dass die kritische periodische Fahrzeugschwingbewegung eine durch einen Anhänger hervorgerufene Anhängerschlingerbewegung ist.

20. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche dadurch gekennzeichnet, dass der wechselseitige Bremseneingriff einen durch den Fahrer veranlassten Bremsenvorgang überlagert wird.

21. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprü-

sierungsvorgangs die Stabilisierungsfunktionen eines in dem Fahrzeug enthaltene ESR-Reglers passiviert werden.

Hierzu 9 Seite(n) Zeichnungen

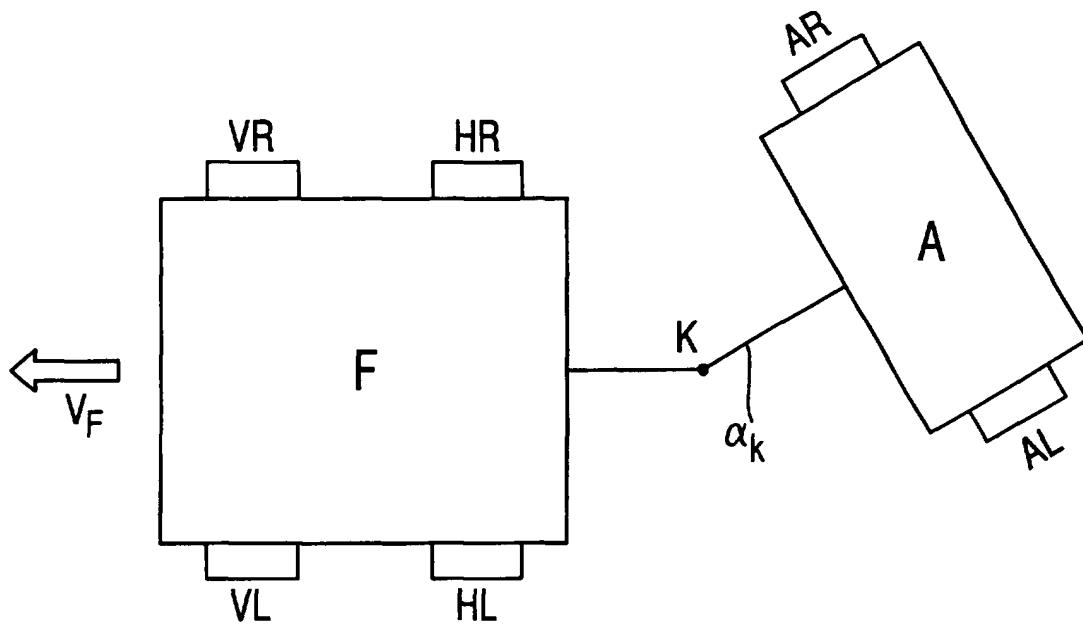


Fig. 1

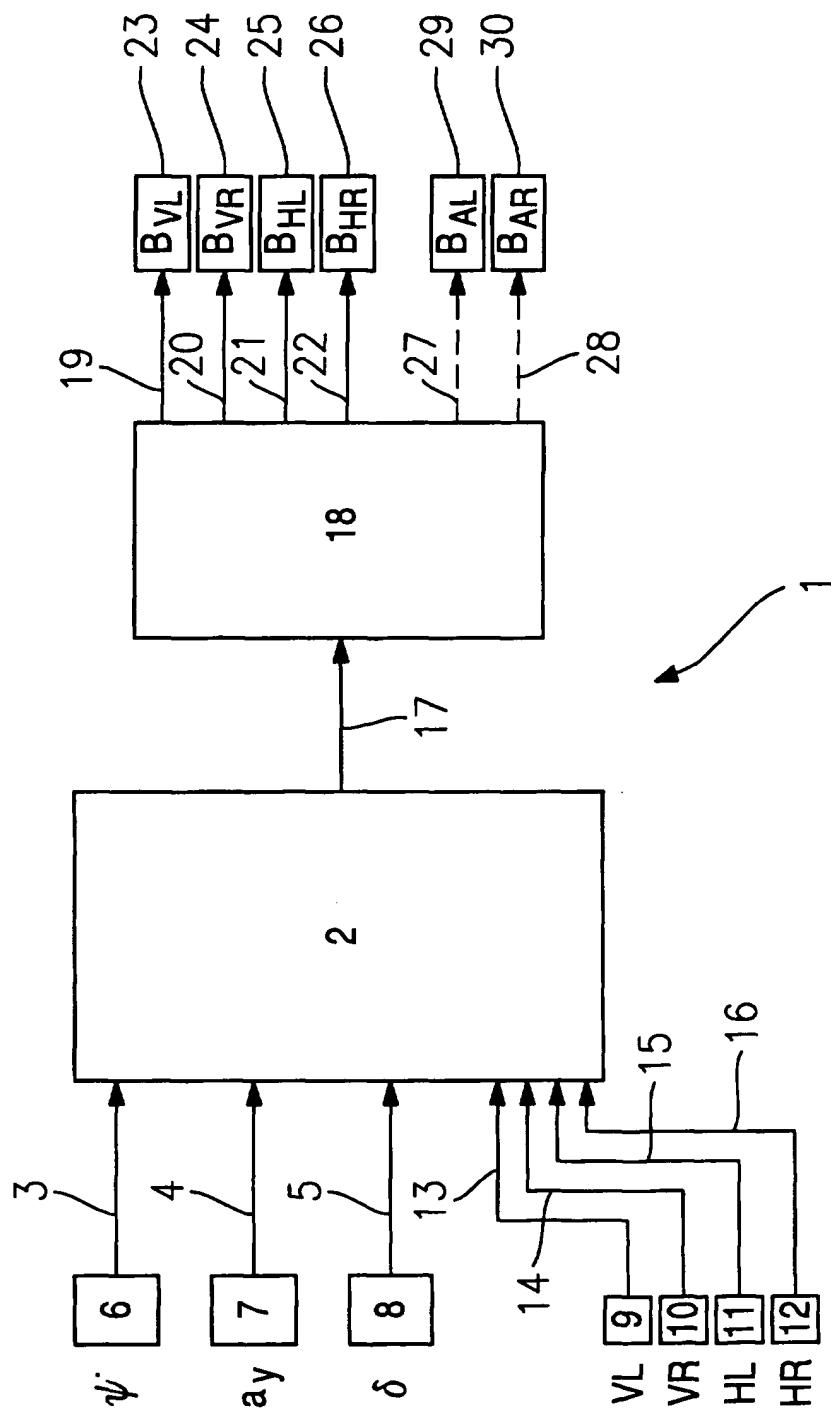


Fig. 2

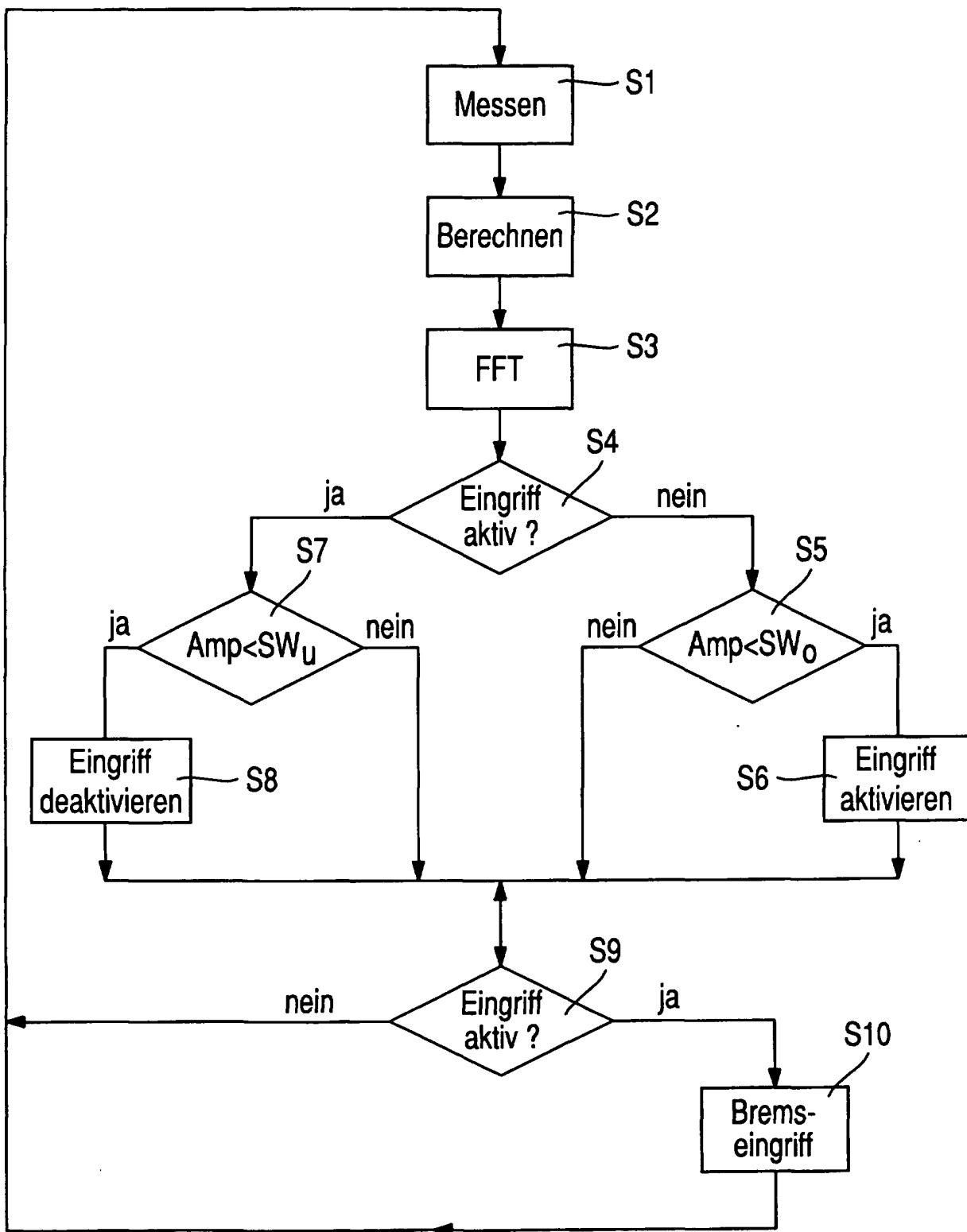


Fig. 3

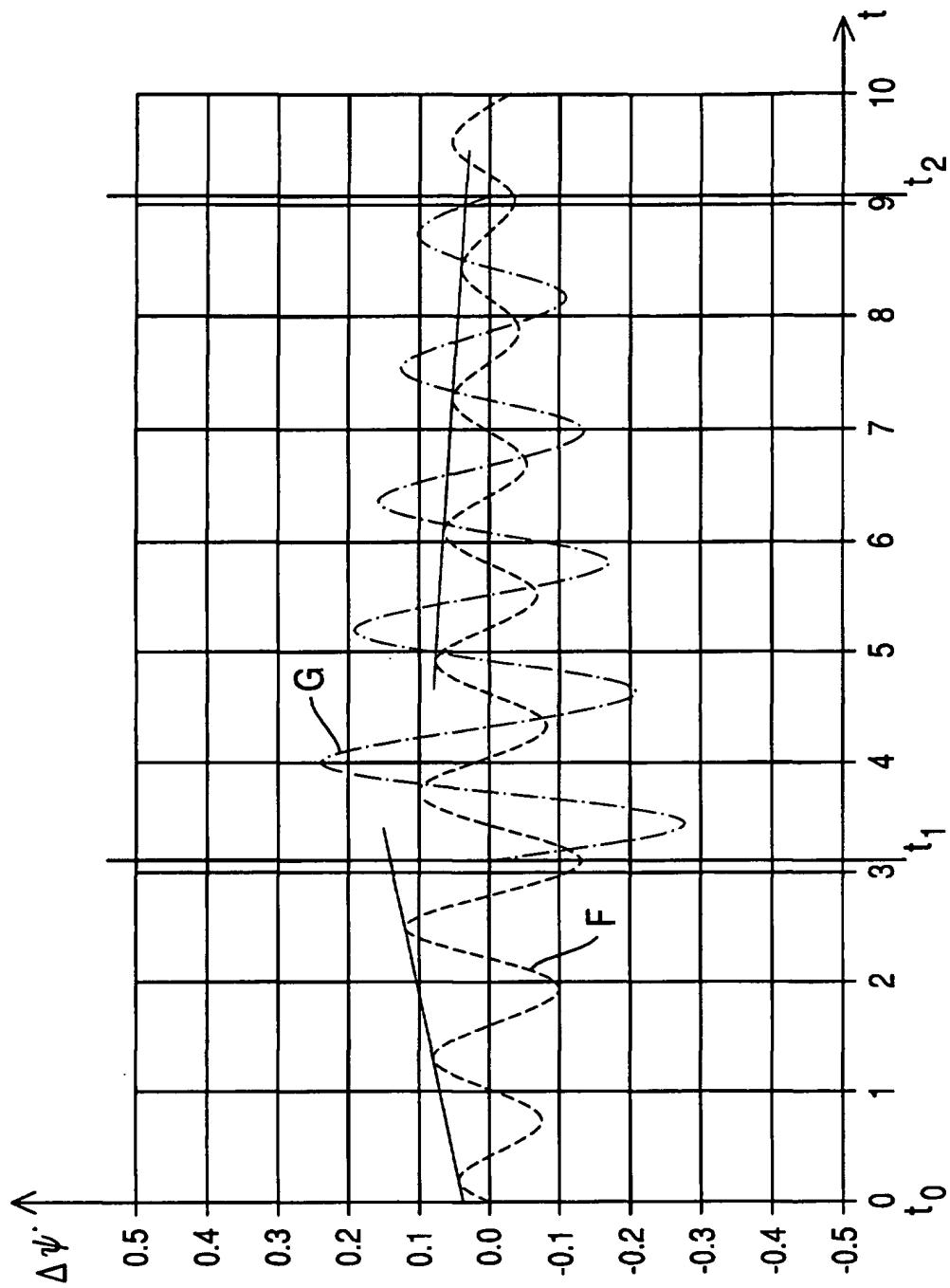


Fig. 4

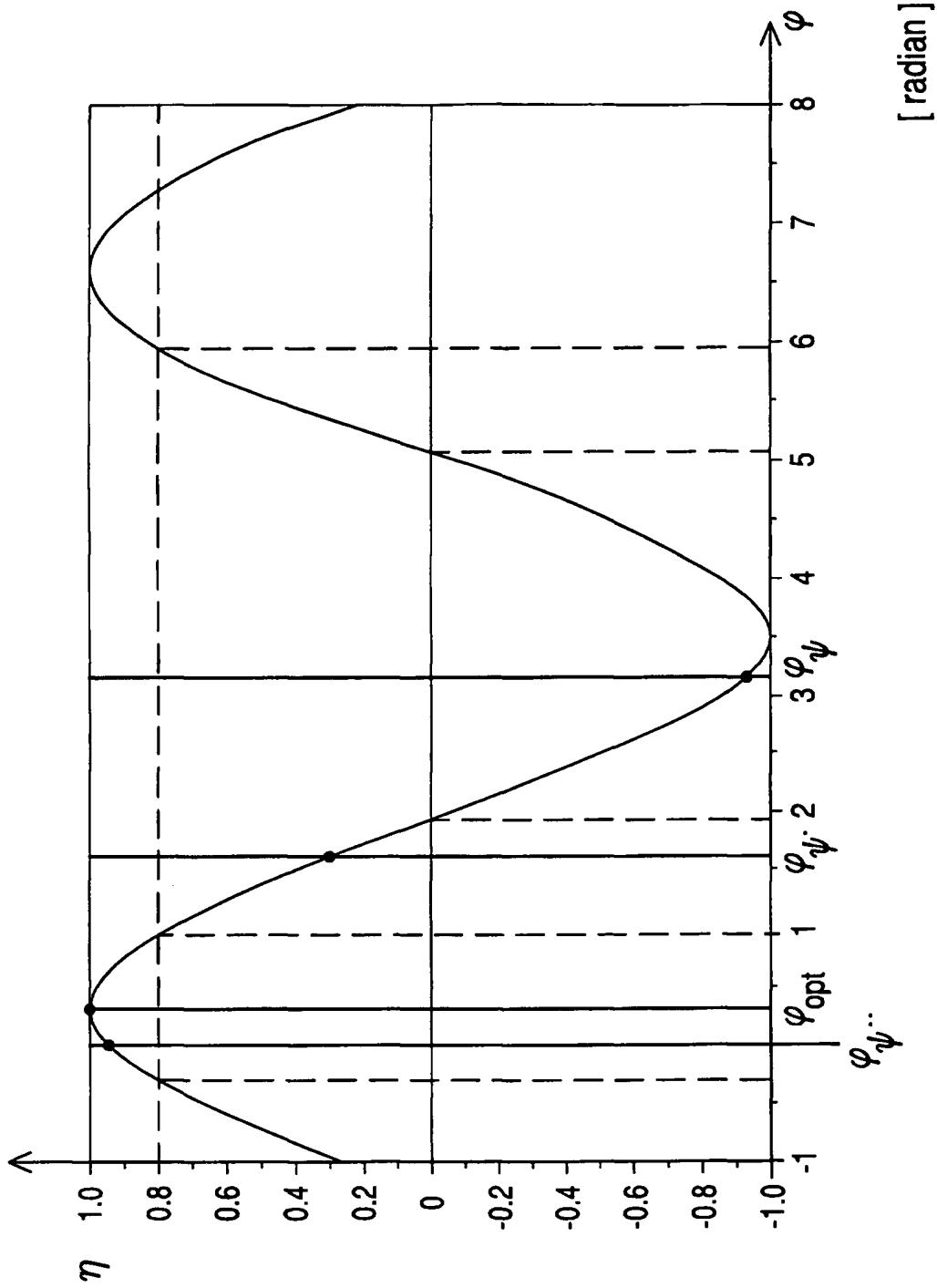


Fig. 5

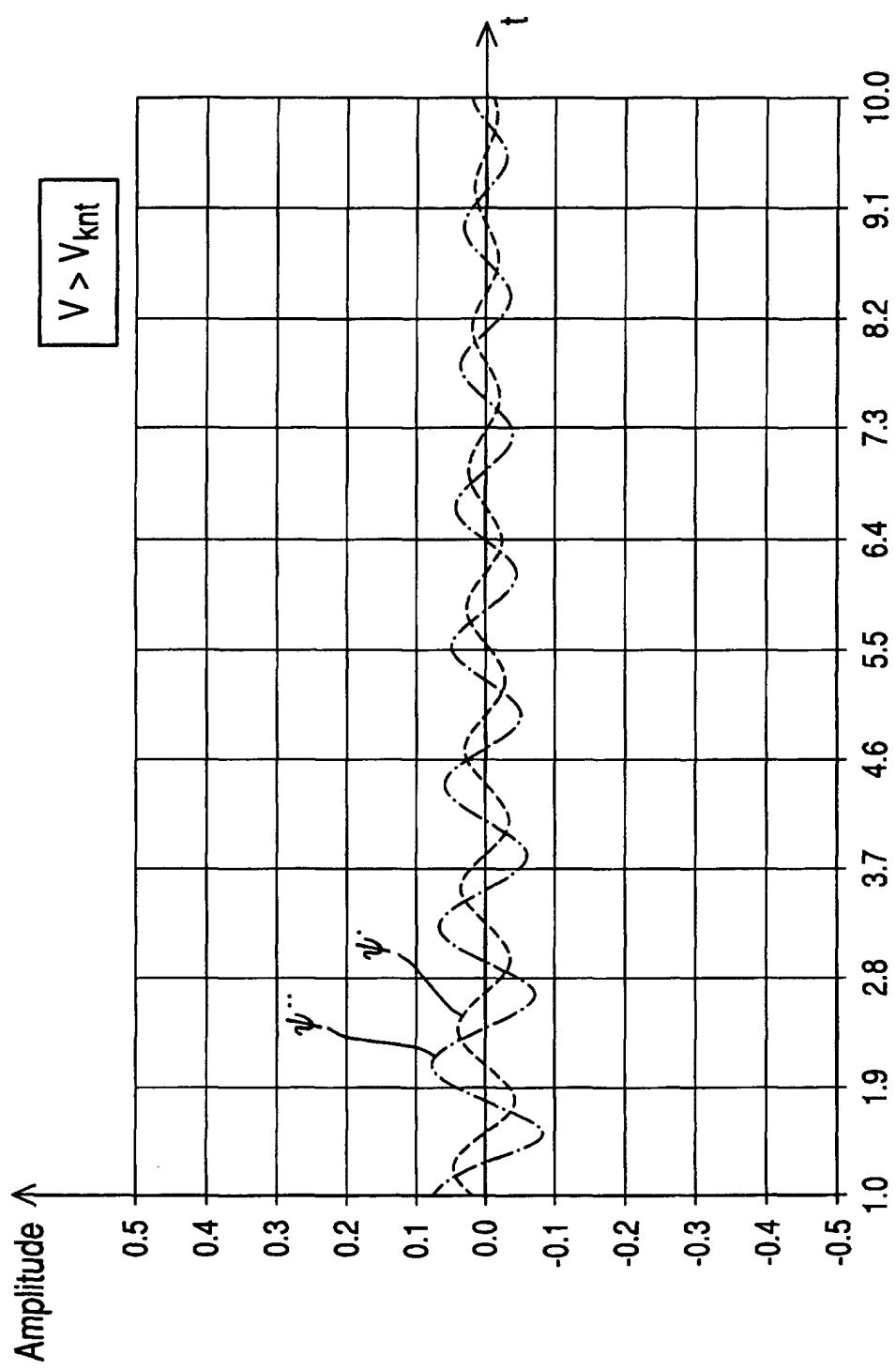


Fig. 6

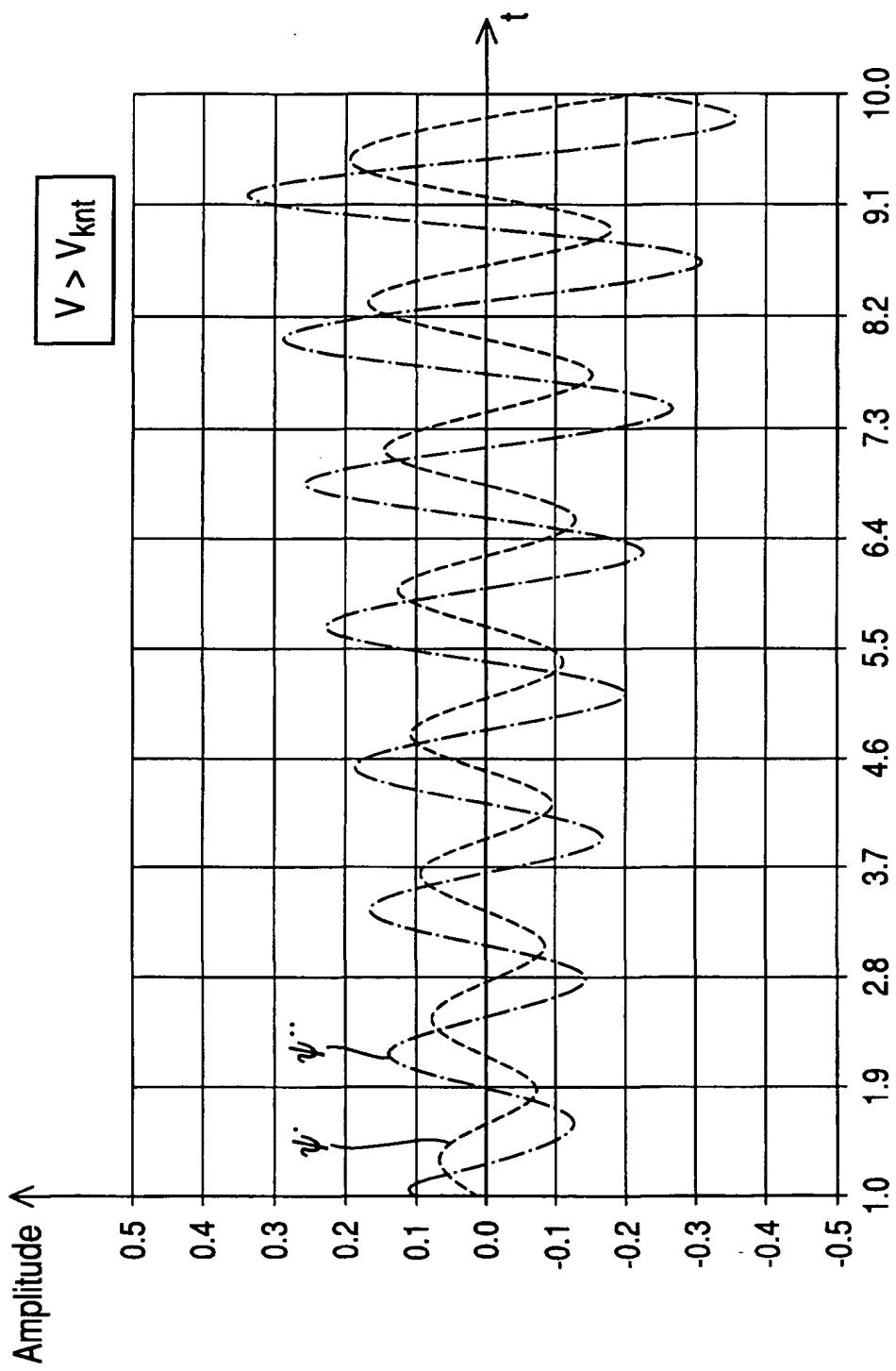
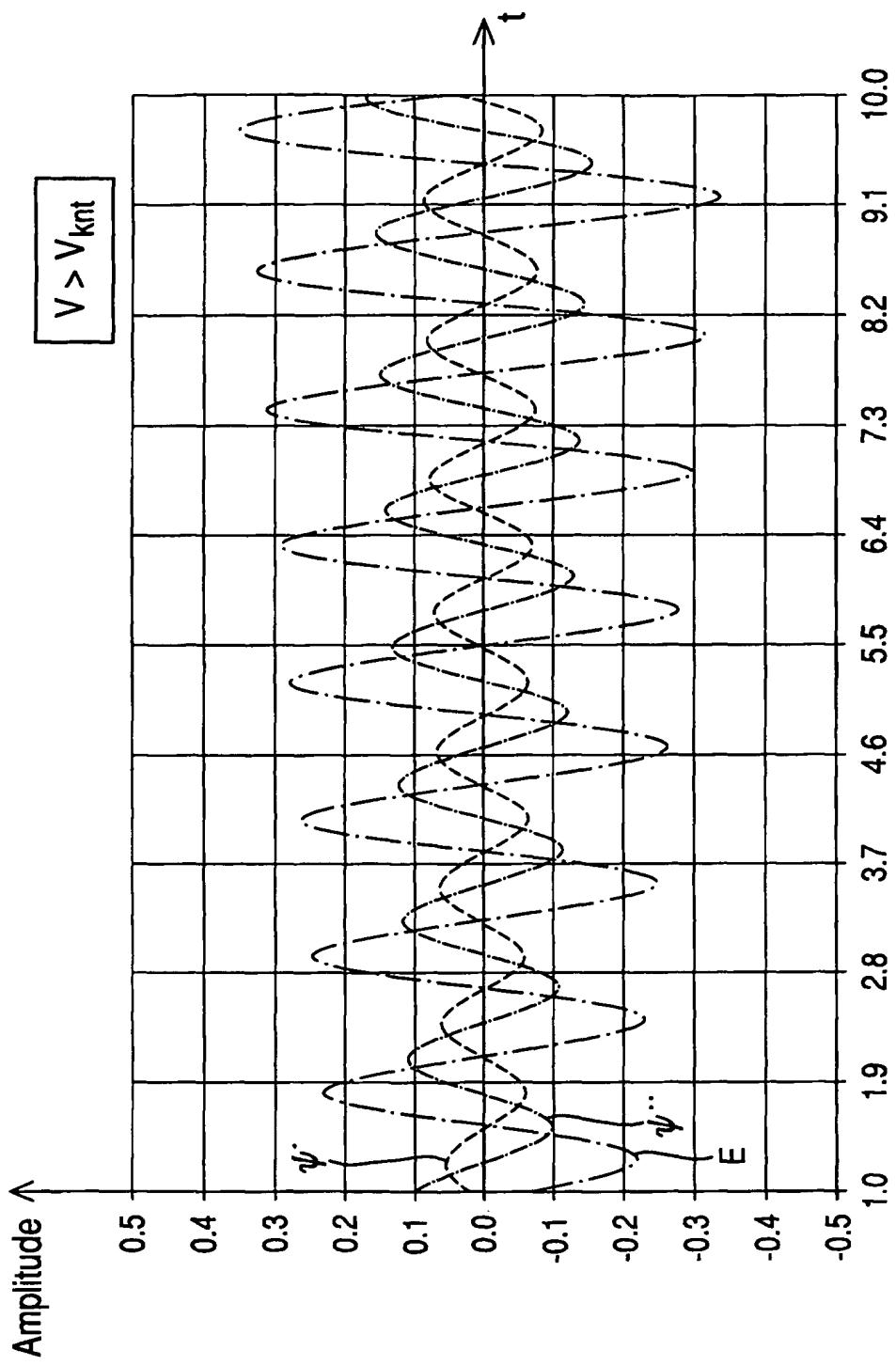


Fig. 7



८८

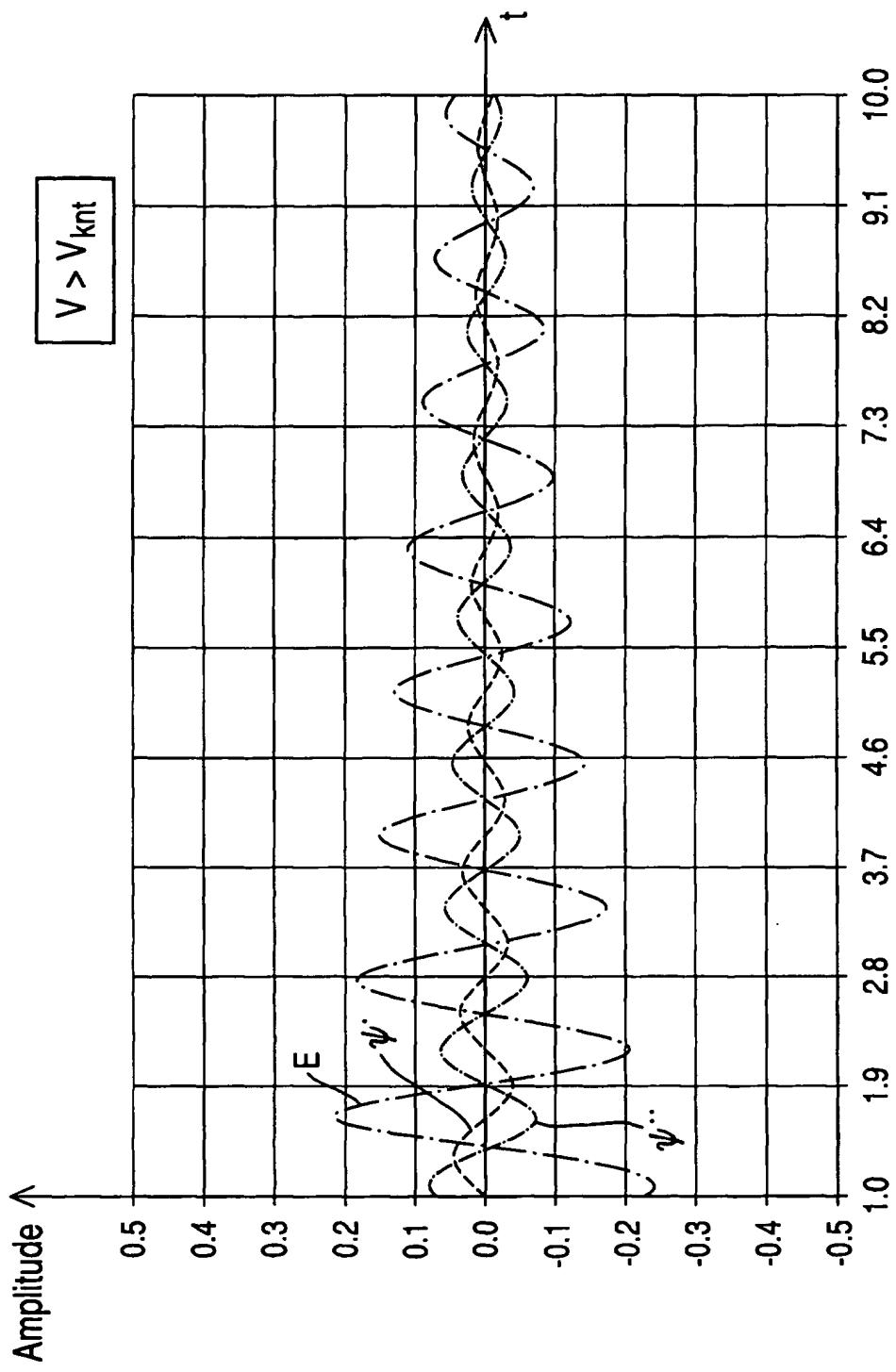


Fig. 9

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**